

Mikko Pihlasto

## ALUKSEN PINTOJEN KÄSITTELY JA MAALAUUS

Merenkulun koulutusohjelma

2015

# ALUKSEN PINTOJEN KÄSITTELY JA MAALAUUS

Pihlasto, Mikko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Merenkulun koulutusohjelma  
toukokuu 2015  
Ohjaaja: Vanha-aho, Tuula, Yliopettaja, FL  
Sivumäärä: 38  
Liitteitä: -

Asiasanat: maalaus, korroosionesto, pintojenkäsittely

---

Opinnäytetyön aiheena on aluksen pintojen käsittely ja maalaus. Työllä ei ollut tilaajaa, vaan aiheen päätti itse. Työ koostuu teoriaosista ja käytännönläheisemmästä osiosta. Käytännön osuus on koottu omista kokemuksistani laivatyöstä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on pohtia erilaisten maalien ja maalaustekniikoiden hyviä ja huonoja puolia. Työssä pyritään myös käsittelemään maalien kemiallisia ominaisuuksia ja niiden tarttuvuutta aluksen eri pintoihin. Tärkeänä osana työtä on myös maalattujen pintojen jatkuva altistuminen erilaisille olosuhteille. Olosuhteilla tarkoitetaan jatkuvaa altistumista eri säätiloille ja suurille lämpötilan vaihteluille vuoden aikana ja suurin ongelma on suolaisen meriveden jatkuva läsnäolo. Merivedessä olevat suolat aiheuttavat runsaasti korroosiota.

Aihetta käsitellään opinnäytteessä lähinnä lopullisen käyttäjän kannalta. Aineistoa saadaan eri maalinvalmistajilta, internetistä, kirjastoista, sekä laivoilta, joilla jaetaan kokemuseräistä tietoa. Työn tavoitteena on tuoda esille laivamaalien ominaisuuksia ja sopivuutta erilaisiin kohteisiin. Tästä työstä hyötyvät laivoilla ja telakoilla työskentelevät henkilöt.

# THE TREATMENT AND PAINTING OF SURFACES IN A VESSEL

Pihlasto, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Maritime Management

May 2015

Supervisor: Vanha-aho, Tuula, Lic.Tech.

Number of pages: 38

Appendices: -

Keywords: painting, treatment of surfaces, corrosion protection

---

The subject of this thesis is the treatment and painting of surfaces in a vessel. I decided the topic myself so the thesis had no subscribers. The work consists of the theory section and a more practical section. The information for the theory is gathered from books and articles on the internet and the practical part mainly from my personal experiences working onboard various vessels as deckhand.

The main purpose of this thesis is to consider the positives and the negatives of various types of paints and different painting techniques. I also aim to deal with the chemical properties of paints and their adhesion on different surfaces on a vessel. One important aspect in this thesis is the constant exposure of painted surfaces to variety of weather conditions. Different weather conditions include wide temperature variations during the year. The biggest issue for ships' different surfaces is the constant presence of sea water. It contains salts which cause plenty of corrosion.

The topic is mainly covered from the view of the final user. The material for this thesis is gathered from the various paint manufacturers, chemistry books and online articles. Crews' onboard ships also distribute empirical knowledge which will help on the practical side of the thesis. The goal for this thesis is to bring up the different properties and suitability for different targets. This work will hopefully benefit persons working onboard ships and shipyards.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MAALIT .....	6
2.1	Sideaineet.....	6
2.2	Apuaineet .....	6
2.3	Liuottimet.....	7
2.4	Pigmentit .....	7
2.5	Korroosioinhibiitit.....	8
2.6	Antifouling-maalit.....	9
3	RAUDAN KEMIAA .....	10
4	METALLIEN KORROOSIO .....	12
4.1	Korroosion syitä.....	13
5	KAVITAATIO .....	15
6	MERI-ILMASTON VAIKUTUS KORROOSIOON .....	16
7	MAALIPINNAN KULUMINEN.....	18
7.1	Mekaaninen kuluminen.....	18
7.2	Kemiallinen kuluminen.....	19
7.3	Maalausvirheistä johtuva kuluminen .....	20
8	MAALAUSSVÄLINEET JA NIIDEN HUOLTO .....	21
8.1	Ruiskumaalaus .....	21
8.2	Sivellin ja telamaalaus .....	22
9	ESIKÄSITTELY .....	24
10	UUSI MAALIKERROS.....	27
10.1	Ilman kosteuden vaikutukset.....	27
10.2	Lämpötilan vaikutukset.....	28
10.3	Maalien säilytys .....	29
10.4	Maalien sekoitus .....	30
11	MERENALAISTEN OSIEN MAALAUSS .....	31
11.1	Pohjan kunnon vaikutus bunkkerin kulutukseen .....	32
12	TYÖTURVALLISUUS.....	33
12.1	Mahdolliset onnettomuudet ja ensiapu .....	33
13	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET.....	36
	KUVALÄHTEET .....	38

# 1 JOHDANTO

Valitsin aiheekseni aluksen pintojen käsittelyn ja maalauksen, koska se on suuri osa laivan päivittäisiä huoltotoimenpiteitä. Pintojen oikealla käsittelyllä ja maalauksella pystytään takaamaan alukselle mahdollisimman kustannustehokas käyttö. Tässä opinnäytteessä pohditaan erilaisia maalaustekniikoita ja maalausolosuhteisen vaikutusta onnistuneen ja kestäväen maalipinnan saavuttamiseksi. Opinnäytetyössä käsitellään myös maalipinnan jatkuvaa altistumista erilaisille säätyypeille, lämpötilan vaihteluille ja meriveden suoloille.

Aihetta käsittelen lähinnä maalin lopullisen käyttäjän näkökulmasta. Aineistoa teoriaosuuksiin sain maalien valmistajilta, kirjastosta ja internetistä. Käytännön tietoa sain omista kokemuksistani laivalta, sekä työkavereilta. Aihetta käsittelen laadullisen tutkimuksen keinoin.

Työn tavoitteena on tuoda esille laivamaalien ominaisuuksia ja korroosionestokykyä. Työssä paneudutaan myös esikäsittelyihin ja niiden merkitykseen kunnollisen maalipinnan saavuttamiseksi. Käsittelen myös kunnollisella pintojen käsittelyllä ja maalauksella saatavia kustannussäästöjä. Tästä opinnäytetyöstä hyötyvät toivottavasti laivoilla ja telakoilla työskentelevät sekä myös maaleja tilaavat henkilöt.

## 2 MAALIT

Maalit ovat nestemäisiä tuotteita, jotka on suunniteltu suojaamaan maalattavia pintoja ulkoisilta rasituksilta sekä muuttamaan maalattavan kohteen väriä. Maalit muodostavat kuivuessaan kalvopinnan maalattavalle kohteelle ja näin suojaavat sitä. Suojaus voi tapahtua kolmella tapaa: eristämällä, katodisesti ja inhiboimalla. Maalit koostuvat pääasiassa neljästä eri komponentista, joita ovat sideaineet, apuaineet, liuottimet sekä väriaineet eli pigmentit. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

### 2.1 Sideaineet

Sideaineiden tehtävänä maaleissa on kiinnittyä maalattavaan kohteeseen ja maalin kuivuessa muodostaa suojaava kalvo. Sideaineet vaikuttavat maalin tarttuvuuteen ja pitävät sen koossa. Maalia levitettäessä sideaineet ovat nestemäisiä ja ne muuttuvat kiinteiksi maalin kuivuessa. Yleisimpiä sideaineita ovat mm. luonnon hartsit, epoksit, lateksit ja erilaiset öljyt. Maalit nimetään usein siinä käytettävän sideaineen mukaan, kuten lateksi- ja öljymaalit. Sideaineita voidaan myös yhdistää, jolloin niitä kutsutaan modifioituiksi sideaineiksi. Näin maaliin saadaan useampia haluttuja ominaisuuksia. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

### 2.2 Apuaineet

Apuaineita käytetään parantamaan maalin ominaisuuksia. Näitä aineita on maaleissa yleensä noin prosentin osuus maalin tilavuudesta. Apuaineet vaikuttavat maalin ominaisuuksiin ennen maalausta, maalauksen aikana ja maalauksen jälkeen. Apuaineilla maalista voidaan tehdä paremmin säilytystä kestävä ja sakkautumisenestoaineilla estetään maalin sakkautuminen säilöittäessä. Maalauksen aikana apuaineilla saadaan maalin viskositeetti paremmin maalaukseen sopivaksi, niillä voidaan parantaa maalin

kuivumisnopeutta ja vähentää valumista. Maalipinnan levittämisen jälkeen apuaineilla voidaan saada aikaan tiettyjä säänkesto-ominaisuuksia kuten valon kestävyyttä eli UV suojaa. Niillä voidaan myös saada maalipinnasta homeelta ja korroosiolta suojaava sekä säätää maalin kiiltoastetta. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

### 2.3 Liuottimet

Liottimilla tarkoitetaan aineita, jotka ovat maalia levitettäessä nestemäisessä muodossa ja viimeistään maalin kuivuessa haihtuvat ilmaan. Niiden tehtävänä on liuottaa maalien kiinteät sideaineet ja alentaa nestemäisten sideaineiden viskositeettia. Liuottimet ovat tyypillisesti vettä, erilaisia öljyjä tai alkoholeja. Alkoholit ja öljyt ovat usein hyvin tulenarkoja nesteitä ja haihtuessaan ilmaan ne kehittävät terveydelle vaarallisia kaasuja. Maaleissa voidaan käyttää myös ohenteita, jotka muuttavat maalien viskositeettia helpommin levittyväksi, jolloin se soveltuu paremmin esimerkiksi ruiskumaalaukseen. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

### 2.4 Pigmentit

Pigmentit eli väriaineet ovat hienojakoisia jauheita. Niiden tehtävänä on antaa maalille väriä, peittokykyä sekä ne voivat suojata sideaineita UV-säteilyltä ja säältä. Pigmentit voivat olla joko orgaanisia yhdisteitä, joita saadaan luonnosta erilaisista mineraaleista, tai epäorgaanisia, joita saadaan synteettisesti valmistamalla tai erilaisista mineraaleista. Epäorgaaniset pigmentit ovat hyvän UV-valon sietokykynsä ansiosta suosittuja ulkomaaleissa. Pigmenttien tärkeimmät ominaisuudet ovat taitekerroin ja hiukkaskoko. Mitä suurempi taitekerroin aineella on, sitä paremmin peittävä pigmentti siitä voidaan valmistaa. Maaleissa käytetyin väriaine on valkoinen, joka on tyypillisesti titaanioksidia. Titaanioksidin ( $\text{TiO}_2$ ) taitekerroin on kaikista suurin epä-

orgaanisissa aineissa. Valkoinen peittää hyvin ja sillä saadaan myös muut värit kirkastumaan. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

Pigmentit voivat myös estää ruosteen muodostumista, jolloin niitä kutsutaan korroosionestopigmenteiksi. Näitä pigmenttejä esiintyy erityisesti öljy- ja alkydimaa-leissa. Nimensä mukaisesti ne estävät tai hidastavat raudan tai teräksen korroosiota. Tällaisina pigmentteinä käytetään esimerkiksi sinkkifosfaattia. Sinkkipölymaaleissa ruosteenesto perustuu maalipinnan katodiseen suojaukseen. Pigmentit voivat muodostaa pinnalle myös suojakerroksen, jolloin ne toimivat passivaattoreina. Passiivisia pigmenttejä on mm. lyijymönjässä ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ). (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

Apupigmentit tai täyteaineet ovat korroosionestomaaleissa käytettäviä pigmenttejä, jotka auttavat muodostamaan maalikalvosta tiiviimmän ja lujemman. Korroosionestomaaleissa käytetään korroosiota hidastavia aineita, kuten uhrautuvaa sinkkiä. Lai-  
van pohjamaaleissa pigmentteinä käytetään esimerkiksi uhrautuvaa sinkkipölyä tai sinkkifosfaattia. Niiden suojaava teho perustuu myös riittävän paksuun ja tiiviiseen maalikerrokseen. Korroosionestomaalien kestävyysajat, eli aika, jonka maalikerroksen odotetaan kestävän ennen uutta huoltomaalausta, on jaettu kolmeen eri kestävyysluokkaan. Kestävyysluokat ovat alhainen, kohtalainen ja korkea. Alhaisen kestävyysluokan korroosionestomaalin kestävyysaika on 2-5 vuotta, kohtalaisen kestävyysluokan 5-15 vuotta ja korkean kestävyysluokan yli 15 vuotta. Korroosionestomaalit voivat antaa maalille muita erityisominaisuuksia vaikuttamatta maalien väriin tai peittokykyyn. Täyteaineilla on myös mahdollista alentaa maalin hintaa, sillä ne korvaavat kalliimpia maaleissa käytettäviä raaka-aineita. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teräsrakenneyhdistys)

## 2.5 Korroosioinhibiitit

Korroosioinhibiitit ovat kemikaaleja, jotka jo pieninä pitoisuuksina pienentävät korroosiota merkittävästi. Inhibiitit ovat edullinen tapa estää ja hidastaa korroosiota. Korroosioinhibiitit ovat usein osana korroosionestomaaleja. Niiden toiminta perustuu



siihen, että ne estävät metallissa tapahtuvan katodi- ja anodireaktion muodostamalla metallin pinnalle tiiviin kalvon, joka estää korroosion. Ne ovat hyviä siksi, koska ne hidastavat ruostumista, mutta eivät itse kulu reaktiossa. Raudalle tehokas korroosioinhibiitti on esimerkiksi natriumnitriitti. (Hienonen & Lahtinen 2007)

## 2.6 Antifouling-maalit

Antifouling-maalit, eli myrkkymaalit, ovat aluksen pohjaan käytettäviä maaleja, joiden tarkoituksena on estää vedenalaisten eliöiden tarttuminen maalin pintaan. Antifouling-maalien toiminta perustuu siihen, että ne ovat vesiliukoisia ja vapauttavat bioaktiivisia yhdisteitä. Bioaktiivisilla yhdisteillä tarkoitetaan yhdisteitä, joilla on biologista aktiivisuutta. Nykyaikaisissa antifouling-maaleissa bioaktiivisina yhdisteinä käytetään kuparioksidia ja erilaisia orgaanisia biosideja. (Hempel; Rtv)

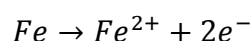
Antifouling-maalit jaetaan kolmeen eri ryhmään, sen mukaan, miten ne vapauttavat bioaktiivisia yhdisteitä. Nämä ryhmät ovat: kovat, pehmeät ja kiillottuvat. Kiillottuvat myrkkymaalit liukenet veteen joutuessaan hallitusti. Tämä käsittely kestää noin yhden kesän verran ja sitä käytetään lähinnä huviveneissä. Kovien antifouling-maalien pinnalla on runsaasti liukenematonta hartsia. Hartsissa on aktiivisia yhdisteitä niin tiheästi, että kun yksi hartsikerros liukenee, niin heti sen alla on seuraava kerros. Kovat myrkkymaalit ovat hyvin kestäviä ja niitä käytetään aluksissa, jotka liikennöivät vuoden ympäri. Pehmeät myrkkymaalit sisältävät myös hartsia, mutta ovat nimensä mukaisesti pehmeitä ja vesiliukoisia. Tämä maali liukenee vähitellen veteen. (Hempel)

### 3 RAUDAN KEMIAA

Rauta on toiseksi yleisin metalli maankuoressa heti alumiinin jälkeen. Se on maailman käytetyin metalli. Sen kemiallinen merkki on Fe ja se on jaksollisen järjestelmän alkuaine numero 26. Puhdas rauta on hopean värinen ja kiiltävä, eikä sillä ole juuri käyttökohteita. Rautamalmi jalostetaan erilaisiksi teräksiksi, jotka sisältävät aina jonkin verran hiiltä, piitä, mangaania, rikkiä ja fosforia. Teräksiin voidaan lisätä myös muita aineita, joiden avulla sille saadaan haluttuja ominaisuuksia, kuten ruostumatonta terästä. Teräksistä suurin osa on kuitenkin rautaa. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010)

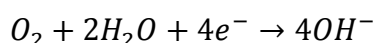
Rauta pyrkii reagoimaan hapen kanssa, varsinkin joutuessaan samalla tekemisiin veden kanssa. Sen yleisimmät hapetusluvut ovat +II ja +III ja rauta pyrkii ilmassa hapettumaan kolmenarvoiseksi. Raudan hapettumista kutsutaan ruostumiseksi. Ruoste itsessään on pääasiassa rautaoksidien ja rautahydroksidien yhdiste. Rautaiset esineet voivat vähitellen ruostua kokonaan, joka aiheutuu sen huokoisuudesta. Rauta reagoi helposti happojen kanssa, koska se on epäjalo metalli. (Laitinen 2012)

Rauta-atomin hapettuminen voidaan esittää kemiallisena reaktiona seuraavasti:



Tämä reaktio tapahtuu raudan ympäristön olosuhteiden vaikutuksesta. Tässä kiinteä rauta liukenee anodireaktiossa vesiliukoiksi ioneiksi.

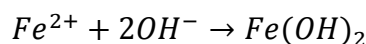
Hapettumisreaktiossa vapautuvat elektronit pitää saada käyttöön, jotta reaktio voi jatkua. Ne kuluvat pelkistysreaktiossa, joka on hapetusreaktion vastakohta. Pelkistyminen on kemiallinen reaktio, jossa aineen hapetusluku pienenee, eli pelkistytvä aine ottaa vastaan elektroneja. Hapettumisessa hapettuva aine siis luovuttaa elektroneja, jolloin sen hapetusluku kasvaa. Esimerkiksi katodireaktiona happea sisältävän veden pelkistyminen hydroksidi-ioneiksi:



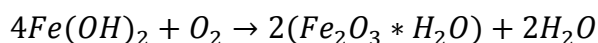
Hapettuminen ja pelkistyminen tapahtuvat samalla metallipinnalla sen eri kohdissa. Syöpyvää metallin pinnan kohtaa kutsutaan anodiksi ja pinnan kohtaa, jolla pelkistyminen tapahtuu, kutsutaan katodiksi. Metallien sähkönjohtavuuden ansiosta elektronit pystyvät siirtymään alueilta toisille. Hapetus- ja pelkistysreaktioissa syntyvät ionit siirtyvät pois metallin pinnoilta aiheuttaen korroosiota. Ionien siirtyminen on mahdollista, kun metallin pinnalla on nestettä, esimerkiksi merivettä, tai ilmasta tiivistyvää kosteutta. Nämä nesteet toimivat elektrolyytinä, johon ionit voivat liueta. (Laitinen 2012; Korroosionesto ja esiintymismuodot)

Korroosio on aina sähkökemiallinen reaktio. Raudan ruostuva anodipinta ja katodipinta ovat sähköisessä yhteydessä toisiinsa sekä metallin että nesteen välityksellä. Nämä pinnat muodostavat suljetun virtapiirin, johon liittyy aina sähkövirtaa. (Laitinen 2012)

Korroosiota seuraa yleensä myös erilaisia kemiallisia reaktioita. Esimerkkinä katodi- ja anodireaktioissa syntyneet rauta- ja hydroksidi-ionit reagoivat keskenään, jonka tuotteena syntyy rautahydroksidia:



Rautahydroksidi voi reagoida yhä hapen kanssa, jolloin tuotteena muodostuu kidevedellistä rautaoksidia eli tuttavallisemmin ruostetta. (Laitinen 2012)

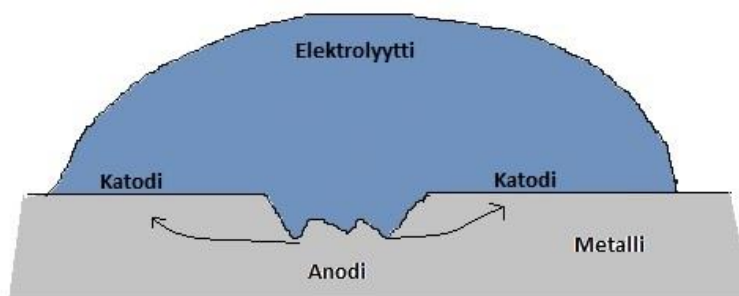


## 4 METALLIEN KORROOSIO

Metallien korroosio tarkoittaa metallin ympäristön vaikutuksesta tapahtuvaa rakenteen tuhoutumista. Korroosion taustalla on metallien jatkuva pyrkimys alhaisimpaan mahdolliseen energian tilaan. Korroosio tapahtuu usein kemiallisen tai sähkökemiallisen reaktion seurauksena, mutta myös mekaanisesta rasituksesta seuraavaa mekaanista korroosiota on olemassa. Mekaaninen korroosio voi olla esimerkiksi putkien mutkien kulumista putkessa virtaavan nesteen aiheuttamana. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010)

Kun kyseessä on kemiallinen reaktio, korroosiossa tapahtuu hapetus- ja pelkistysreaktioita. Sähkökemiallisessa korroosiossa reaktiot ovat luonteeltaan sähkökemiallisia, joka tarkoittaa sitä, että reagoivat aineet eivät ole suoraan kosketuksissa toisiinsa. Kemiallinen korroosio tapahtuu pääasiassa kuivissa olosuhteissa, kun taas sähkökemiallinen korroosio tapahtuu märissä olosuhteissa, kuten merivedessä. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010)

Laivat valmistetaan pääasiassa teräksestä, joka on ylivoimaisesti eniten käytetty metalli. Teräksen suurin heikkous on sen erittäin suuri korroosionopeus. Tästä johtuen teräsrakenteiden korroosionestolla on suuri taloudellinen merkitys. Teräksen korroosio on usein sähkökemiallista ja sen edellytyksenä on paikallispari. Tämä vaatii metallisen yhteyden ja kontaktin, joka tapahtuu elektrolyytin välityksellä. Paikallispari voi muodostua myös kahden eri metallin välille. Parin syöpyvää osaa kutsutaan anodiksi ja säilyvää osaa katodiksi. (Anttila, Karppinen, Mölsä & Pohjakallio 2010; Teränen 2008)



Kuva 1. Metallin ruostuminen.

Yllä olevassa kuvassa selvennetään metallin ruostumista. Anodin kohdalta metalli luovuttaa elektroneja. Anodilta vapautuneet elektronit kulkeutuvat metallin sisällä sen katodisiin osiin. Tämä aiheuttaa metallissa ruostumista sen anodiselta alueelta. Elektrolyytinä voi toimia merivesi, tai muu kosteus, joka johtaa sähköä. (Laitinen 2012)

Laivoissa rakenteiden syöpymistä tapahtuu monista eri syistä johtuen. Terästä voidaan suojata saostamalla siihen paljon esimerkiksi kromia ja nikkeliä, mutta laivaolosuhteissa tämä tulisi aivan liian kalliiksi. Teräksen korroosiota ei myöskään synny, jos ilman suhteellinen kosteus pysyy jatkuvasti alle 60 %. Korroosion nopeus kasvaa jyrkästi ilman epäpuhtauksien lisääntyessä. Katodinen suojaus on sopivampi laivaympäristöön ja sitä käytetäänkin kaikenlaisissa aluksissa estämään aluksen rungon ja tankkien korroosiota. (Laitinen 2012; Teränen 2008)

Ylivoimaisesti suosituin ja kustannustehokkain keino korroosion estämiseen on kuitenkin pinnoittaminen erilaisissa orgaanisilla ja epäorgaanisilla yhdisteillä. Epäorgaanisia pinnoittamiseen käytettäviä tuotteita ovat erilaiset metallit ja emalit, kun taas orgaanisista tuotteista ovat maalit ja muovit. Maalaus onkin kustannustehokkain ja suosituin keino teräksen suojaamiseksi. (Teränen 2008)

#### 4.1 Korroosion syitä

Rauta ja teräs tarvitsevat tietyt olosuhteet ruostuakseen. Korroosioon vaikuttavat ilman suhteellinen kosteusprosentti, lämpötila, pintojen muodot, kosteus ja epäpuhtaudet. Nämä kaikki vaikuttavat korroosioon metallirakenteissa merenpinnan yläpuolella, ilmiöstä käytetään nimitystä ilmastollinen korroosio.

Veden alla metallien korroosionopeuteen vaikuttavat veden happipitoisuus, siihen liuenneet suolat, veden virtausnopeus sekä merenpinnan alapuolinen biologinen toiminta. Tähän samaan kategoriaan kuuluu myös meriveden roiskevyöhykkeellä olevat alueet. Roiskevyöhykkeellä korroosionopeus on erittäin suuri, sillä siellä on kosteu-

den ja suolojen lisäksi happea. Myös mikrobien kasvu aluksen rungossa, merenpinnan alapuolella sekä roiskevyöhykkeellä, voi huomattavasti nopeuttaa korroosiota.

## 5 KAVITAATIO

Kavitaatio on ilmiö, jossa neste alkaa kiehua, ei lämpötilan, vaan suuren alipaineen ansioista. Potkuri aiheuttaa pyöriessään riittävällä nopeudella laivassa kavitaatiota pinnan alla. Se tarkoittaa, että meriveden virtausnopeuden kasvaessa niin suureksi että, potkurin lapojen lähelle muodostuu alipainetta, jonka tuloksena syntyy kavitaatiokuplia. Nämä kuplat kykenevät irrottamaan potkurin pintaa suojaavia maalikerroksia. Tätä ilmiötä kutsutaan kavitaatiokorroosioksi. (OpenCourseWare)

Merenalaisten osien, kuten potkurien ja peräsimien, kulumista lisäävät meriveden virtauksen mukana kulkeutuvat partikkelit. Partikkelit voivat kuluttaa potkurin korroosiolta suojaavia kerroksia jo alemmilla pyörimisnopeuksilla ilman kavitaatiokuplia. (OpenCourseWare)

Pinnan alaisessa nestevirtauksessa muodostuvat kavitaatiokuplat luhistuvat potkurin pinnalle aiheuttaen hyvin voimakkaita paineaaltoja. Nämä paineaallot kykenevät läpäisemään potkurin pintaa suojaavat korroosiotuotekerrokset ja näin altistavat sen korroosiolle. Voimakkaat paineiskut pystyvät jopa rikkomaan metallinen pinnan mekaanisesti. Kavitoinnista voi syntyä myös tuntuvaa tärinää ja meteliä. Kavitaatio on sitä voimakkaampaa, mitä suuremmalla nopeudella aluksen potkuri pyörii. (OpenCourseWare; Wikipedia)

Kavitointi myös heikentää huomattavasti potkurin hyötysuhdetta. Tämä vaikuttaa negatiivisesti alusten käyttökustannuksiin. Kavitaatiokorroosiota tavataan laivan potkurien lisäksi myös erilaisissa putkistoissa, pumppujen siipipyörissä sekä muissa laitteissa, joissa esiintyy paineenvaihteluja ja kovia virtausnopeuksia. (Wikipedia)

## 6 MERI-ILMASTON VAIKUTUS KORROOSIOON

Metallien korroosio on voimakkainta merellä ja satamissa. Korroosion nopeuteen vaikuttavat mm. vallitseva lämpötila, ilman suhteellinen kosteus ja ilman epäpuhtaudet. Ilmasto-olosuhteet luokitellaan korroosion voimakkuuden arvioimisen mukaan viiteen eri kategoriaan. Näistä meri-ilmasto on kaikkein korroosiolle herkin kategoria. (Tikkurila)

Merivesi on metallille hyvin aggressiivinen ympäristö. Tämä johtuu suureksi osaksi kloridien, eli suolojen, jatkuvasta läsnäolosta. Suolat johtavat hyvin sähköä ja toimivat elektrolyytteinä sähkökemiallisessa korroosiossa. Cl-ionit kykenevät myös murtaamaan useiden metallien suojaavan passiivikerroksen ja näin altistamaan ne ruostumiselle. (Tikkurila)

Meri-ilmastossa olosuhteet vaihtuvat myös jatkuvasti riippuen mm. aluksen liikennealueesta ja vuodenajasta. Näin alus altistuu vuoden aikana useille eri lämpötiloille, suolaisuuksille, virtausnopeuksille, happipitoisuuden ja pH:n vaihteluille. Myös ilmaston ja meriveden saastepitoisuudet vaikuttavat voimakkaasti korroosion nopeuteen.

Aikaa, jolloin metallia peittää elektrolyyttikerros, kutsutaan märkäajaksi. Metalli voi kastua mm. merivedestä, sateen, sumun tai kosteuden tiivistymisen seurauksena. Kun metalli on märkä, ilmastollista korroosiota alkaa ilmetä. Pahin tilanne korroosion kannalta on, jos vesi jää seisomaan pinnoille. Tällöin hyvinkin suojattu pinta voi alkaa ruostua. Useilla metalleilla on suhteellisen kosteuden arvo, jonka ylitettyä korroosion nopeus kiihtyy huomattavasti. Kun ruostuminen on kerran päässyt alkamaan, voi sen jatkumiseen vaadittavan suhteellisen kosteuspitoisuuden olla yhä matalampi. Kloridipitoisten suolojen läsnä ollessa teräs voi syöpyä jopa alle 40 % suhteellisessa kosteudessa. (Tikkurila)

Lämpötila vaikuttaa korroosion siten, että miten korkeampi lämpötila on, niin sitä enemmän korroosiota tapahtuu. Kun taas meriveden ollessa jäätymispisteen alapuolella, korroosio on hyvin vähäistä tai sitä ei tapahdu lainkaan. Ruostumista voi silti



tapahtua jopa pienillä pakkasasteilla, jos metallin pinta on epäpuhtas. Tämä johtuu suoloista, jotka alentavat veden, eli elektrolyytin, jäätymispistettä. (Tikkurila)

Korroosion kannalta haitallisimmat ilman epäpuhtaudet ovat rikkioksidit ja kloridit. Kloridit ovat merivedestä peräisin olevia suoloja. Ne lisäävät korroosiota huomattavasti, sillä ne johtavat hyvin sähköä. Kloridit ovat läsnä laivoissa aina, kun ne liikennöivät suolaisten merien aluilla. Kloridit vaikuttavat korroosiota kiihdyttävästi niin, että metallipintojen kastumiseen vaadittavan ilman suhteellisen kosteuden arvo pienenee. Kloridia sisältävissä elektrolyyteistä voi ruostetta syntyä muutamissa tunneissa ja jännitteenalaisissa osissa jopa minuuteissa. Sisämaissa ja makeissa vesissä kloridien vaikutus vähenee. (Tikkurila)

## 7 MAALIPINNAN KULUMINEN

Maalipinnan kuluminen voi olla mekaanista tai kemiallista. Maalipinnan kemiallinen tuhoutuminen voi johtua mm. auringonvalosta, UV-säteilystä, suoloista sekä ilman kosteudesta. Nopea kuluminen johtuu usein myös maalausvirheistä.

### 7.1 Mekaaninen kuluminen

Mekaaninen kuluminen on laivoilla yleistä tietyissä paikoissa. Alusten kyljet ottavat aina laituriin kiinnittyessä kiinni pollareihin ja tämä aiheuttaa maalipinnan kulumista. Varsinkin aluksilla, jotka ajavat samaa linjaa aina samoihin satamapaikkoihin, rasitus kohdistuu aina rungon samoihin osiin. Alusten kiinnityskansilla köydet ja vaijerit aiheuttavat nopeasti maalipinnan kulutusta kannella ja vinssien lähellä. Meren pinnan alapuolella ja roiskevyöhykkeellä talvisin mekaanista kulumista aiheutuu runsaasti jäistä. Mekaanista kulumista voi tietysti ilmentyä myös ajovirheiden seurauksena, esim. myrskystä johtuen voidaan törmätä laituriin liian suurella nopeudella.



Kuva 2. Mekaanista kulumaa aluksen perässä.

## 7.2 Kemiallinen kuluminen

Suolat ja muut ilman epäpuhtaudet kuluttavat maalipintoja sähkökemiallisen korroosion keinoin. Suolat ja epäpuhtaudet nopeuttavat elektronien liikettä vedessä. Kloridit ovat meri-ilmastossa jatkuvasti läsnä, sekä satamissa että merellä. Tämä kiihdyttää korroosion nopeutta huomattavasti ja tuhoavat maalipintaa. Haitallisin ilman epäpuhtaus on rikkioksidi, jota syntyy rikkipitoisten polttoaineiden palamisesta. Ilmakehässä se esiintyy rikkidioksidina ja reagoi herkästi veden kanssa, jolloin tuloksena on rikkihapoketta. Rikkihapoke muuttuu edelleen rikkihapoksi, joka on hyvin syövyttävä happo. (Tikkurila)



Kuva 3. Meriveden kloridit aiheuttavat voimakasta korroosiota laivan keulapakalla.

Auringonvalo ja UV-säteily ovat myös haitallisia erilaisille maaleille. Auringonvalolla on kyky vaikuttaa maalin ominaisuuksiin mm. haurastuttaa maalia. Auringonvalon aiheuttamat muutokset maalille riippuvat maalityypistä. Se pystyy esimerkiksi nopeuttamaan maalin kuivumista ja näin haurastuttaa maalipintaa. Auringon UV-säteily voi aiheuttaa maalipinnalla mm. maalipinnan halkeilua, värin haalistumista tai värimuutoksia ja rakkuloita maalipintaan. (Tikkurila)

### 7.3 Maalausvirheistä johtuva kuluminen

Maalausvirheet ovat suuri syy maalipinnan ennenaikaiseen kulumiseen. Maali voi menettää ominaisuuksiaan monesta eri syystä johtuen. Maali voi olla esimerkiksi varastoitu väärin, liian korkeaan tai matalaan lämpötilaan. Se voi olla liian vanhaa, jolloin sen ominaisuudet ovat heikenneet. Maali pitää aina sekoittaa kunnolla ennen maalausta. Jos sekoitusta ei tehdä kunnolla, ei maalipinta välttämättä kestä. Kaksikomponenttimaaleissa on tärkeää, että sekoitussuhde on oikea ja sekoitus tehdään perusteellisesti. Maalipinta ei kestä, jos maalattavaa pintaa ei ole puhdistettu epäpuhtauksista tai, jos sen pinnalla on kosteutta. Maalin ominaisuudet kärsivät myös, jos maalia levitetään liian paksu tai ohut kerros tai, jos useampia maalikerroksia levitetäessä uusi maalikerros maalataan liian aikaisin, jolloin aikaisempi maalikerros ei vielä ole ehtinyt kuivua. Vaikka maali olisi säilytetty, sekoitettu ja levitetty oikein puhdistetulle pinnalle, voi maalipinta silti mennä pilalle. Maaliin voi kuivuessa ilmaantua ilmakuplia, jos kuivumislämpötila on liian korkea. Tällöin maalin liuotteiden haihtuminen ei ole täydellistä. (Tikkurila)



Kuva 4. Ruostetta ei ole poistettu kunnolla ja sen päälle on maalattu, jolloin maali-pinta menee pilalle todella nopeasti.

## 8 MAALAUSSVÄLINEET JA NIIDEN HUOLTO

Maalin levittämiseen käytetään laivoilla useimmiten sivellintä, telaa ja ruiskumaalausta. Ruiskumaalauksella saavutetaan paras ja tasalaatuisin lopputulos. Ruiskumaalausta käytetään laivoilla lähinnä vain telakkaolosuhteissa, sillä se vaatii tuulettomat ja tasaiset olosuhteet sekä pienen kosteuden. Ruiskutusmaalauksessa on kaksi tekniikkaa, sivuilmaruiskutus ja suurpaineruiskutus. (Rtv)

### 8.1 Ruiskumaalaus

Sivuilmaruiskutuksessa maali syötetään ja hajotetaan ilmvirran avulla. Tästä menetelmästä johtuen sivuilmaruiskutus vaatii runsaasti paineilmaa, josta aiheutuu runsaasti maalisumua. Maalin viskositeetin on oltava alhainen ja näin maalikalvo jää myös ohueksi. Maalikalvon paksuus rajoittaa sivuilmaruiskutuksen käyttöä laivojen maalauksessa. Sivuilmaruiskutus ei vaadi mekaanisesti toimivaa pumppua toisin, kuin suurpaineruiskutus. Suutin, jonka läpi maali kulkeutuu, on suurempi kuin suurpaineruiskutuksen vastaava, eli se ei tukkeudu niin helposti. (Rtv)

Yleisempi ruiskumaalauksen muoto eli suurpaineruiskutus on runsaasti käytetty erityisesti telakkamaalauksessa. Suurpaineruiskutus on tehokas tapa maalata, jolla voidaan lyhyessä ajassa peittää suuri ala. Suurpaineruiskutuksessa maali syötetään suurella paineella pistooliin, josta se pakotetaan suuttimen läpi. Tullessaan suuttimesta läpi maali hajoaa hienoksi sumuksi. Sumun mukana ei ole ilmaa, joten maali pääsee tunkeutumaan maalattavan pinnan huokosiin tehokkaasti. Suurpaineruiskutuksessa käytettävää maalia ei tarvitse ohentaa, koska suuren paineen ansiosta maali hajoaa tehokkaasti. Uusien maalien maalausominaisuudet on myös säädetty juuri suurpaineruiskuihin sopiviksi. (Rtv)

Maaliruiskujen yleisin ongelma on se, että ruiskun sisään jätetään maalia, joka kuivessaan tukkii suuttimen. Ruisku on purettava ja puhdistettava ennen kuin maalaus voidaan jatkaa. Tämä ongelma voidaan estää ajamalla aina maalauksen loputtua puhdasta liuotinta ruiskun läpi niin kauan, kunnes suuttimen läpi suihkuu vain puh-

dasta liuotinta. Suutin on puhdistettava ja öljyttävä sisältä, jos se on ollut pidemmän aikaa käyttämättömänä. (Teränen 2008)

## 8.2 Sivellin ja telamaalaus

Telalla ja siveltimellä maalataan lähinnä laivan kansirakenteita. Kansirakenteiden maalauksessa tarkoituksena on saada pinnalle hyvä korroosionsuoja ja ulkonäkö. Sekä telat, että siveltimet ovat työvälineinä edullisia ja monikäyttöisiä moniin eri kohteisiin. Molemmat ovat erittäin helppokäyttöisiä ja etenkin siveltimellä päästään maalamaan kohteita, jotka ovat hankalissa paikoissa. Sekä siveltimellä, että telalla saavutetaan paras maalaustulos, kun käytetään ristiinvetotekniikkaa. Tässä menetelmässä maalataan ensin ylösalaisella liikkeellä ja sen jälkeen samasta kohdasta poikittaisin liikkein. (Venemaali; Hempel)

Sivellintä käytetään usein, kun levitetään korroosionestomaaleja paikkoihin, joissa maalin ruiskutus ei ole mahdollista. Siveltimellä levitettynä maali tunkeutuu hyvin epätasaiseen tai ruosteiseen pintaan. Siveltimellä maalataan myös katvepaikkoja ja erilaisia kulmia. Esimerkiksi ovenkahvat ja vastaavat pienemmät kohteet on kaikkein kätevintä maalata pensselillä. Pensseli on myös paras vaihtoehto, kun maalataan pieniä kohteita tai kohteita, jotka vaativat erityistä tarkkuutta.

Telamaalaus on sivellinmaalausta huomattavasti nopeampaa. Telaus soveltuu erityisesti laajojen ja tasaisten pintojen maalaukseen. Oikealla telalla saavutetaan hyvä lopputulos. Telalla maalatessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että maalikalvonpaksuus on riittävä. Tästä johtuen onkin sama alue maalattava telauksessa vähintään kahteen kertaan.

Teloja ja siveltimiä voidaan käyttää useampaan otteeseen, jos ne vain säilytetään oikein. Niitä säilytetään laivoilla yleensä purkeissa, joissa on nesteenä vettä tai tinneriä. Yhdessä purkissa tulisi säilyttää vain pensseleitä ja teloja, joilla on maalattu yhtä väriä. Tärkeää on, että harjakset ovat kokonaan peitettynä nesteeseen, että ne eivät kuivu käyttökelvottomiksi. Neste pitää myös vaihtaa riittävän usein, sillä pensseleis-

tä ja teloista irtoaa runsaasti maalisakkaa purkin pohjalle. Välineet on pestävä sopivalla liuottimella ja sen jälkeen neutraalilla pesuliuksella, jos ne jäävät pitkäksi aikaa käyttämättömiksi.

## 9 ESIKÄSITTELY

Ennen uuden maalipinnan levitystä, tulee vanha maali poistaa maalattavalta pinnalta kokonaan ja puhdistettava kaikista epäpuhtauksista. Uusi maalipinta menee huonoksi hyvin nopeasti, jos ei maalattavan pinnan esikäsitteilyä tehdä oikein. Pinnan puhdistuksen ja esikäsitteilyjen tarkoituksena on parantaa maalin tarttumista pintaan ja sen kestävyyttä. Esikäsitteilyllä voidaan myös karhentaa maalattavaa pintaa, joka parantaa maalin tartuntaa. (Tunturi & Tunturi 1999; Tikkurila)

Esikäsitteilyt jaetaan kahteen kategoriaan: kemiallisiin ja mekaanisiin esikäsitteilyihin. Kemiallisiin esikäsitteilyihin kuuluvat metallipinnan pesu ja puhdistus vedellä, erilaisilla liuottimilla tai kemiallisesti. Mekaanisiin esikäsitteilyihin kuuluvat metallin suihkupuhdistus sekä puhdistus käsityökaluilla ja koneellisesti. Tyypillisiä epäpuhtauksia metallin pinnalla ovat erilaiset suolat, rasvat, öljyt, ruoste, pöly, vanhan maalin jäänteet ja valssihilse. Valssihilse on teräksen pintaan kuumavalssauksesta syntyvä tiivis hapettumakerros, joka aiheuttaa helposti korroosiota. Maalausvaurioista jopa 50 – 70 % johtuu huonosta esikäsitteilystä, siksi esikäsitteilyyn kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. (Tunturi & Tunturi 1999; Tikkurila)

Aluksi ennen muita esikäsitteilyjä maalattavat pinnat esipuhdistetaan suurimmista likakerroksista ja muusta irtoliasta. Tämä tarkoittaa rasvojen ja öljyjen poistamista pyyhkimällä. Vanhan maalikerroksen jäänteet ja ruoste poistetaan mekaanisesti hakkaamalla vasaralla, sekä harjaamalla teräsharjalla. (Tikkurila)

Maalattavilta pinnoilta puhdistetaan seuraavaksi vesiliukoiset rasvat ja suolat vesipesuilla, jonka tarkoituksena on poistaa pinnalta haittaavat epäpuhtaudet. Laivoilla metallin pinnoilla on myös laivan savupiipuista tulevaa nokea ja erilaisia rikkiyhdisteitä. Vesipesut, joilla nämä epäpuhtaudet poistetaan, eivät muodosta metallin pinnalle mitään pinnoitetta eivätkä lisää korroosionsietokykyä, vaan päinvastoin voivat jopa lisätä sitä. Pesuaineina voidaan käyttää pelkkää vettä, alkaleja, happoja, liuottimia tai emulsioita. Pelkkä pinnan pesu ei yleensä riitä esikäsitteilyksi, vaan sitä seuraa konversiokäsittely. Konversiokäsittelyn tavoitteena on lisätä korroosionestokykyä ja parantaa maalin tarttuvuutta. (Jokinen, Kuusela & Nikkari 2012; Tikkurila)

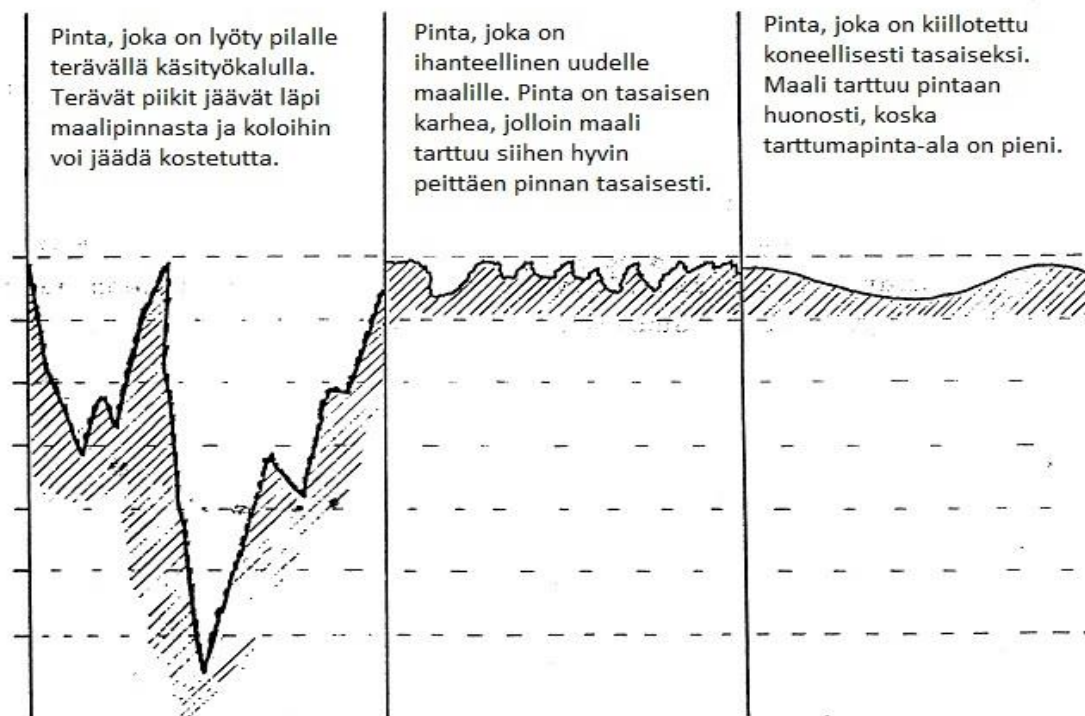


Pesutuloksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät ovat oikea pesuaine, riittävä pesuaika ja lämpötila, sekä mekaaninen liike. Pesuaine valitaan kohteen ja siinä olevien epäpuhtauksien mukaan. Pesuaineen tehtävä on irrottaa epäpuhtaudet maalattavalta pinnalta ja sitoa ne itseensä niin, etteivät ne enää tartu metallin pintaan. Tiettyyn pisteeseen asti pesuajan lisääminen parantaa lopputulosta. Mitä lämpimämpää pesuliuos on, sitä parempi on pesutulos. Öljyt ja rasvat irtoavat sitä helpommin, mitä lämpimämmällä vedellä ne pestään. Erilaisilla pesuaineilla on myös eri käyttölämpötilat, joten ne määräävät myös pesuliuoksen lämpötilaa. Liian korkeaa lämpötilaa tulee kuitenkin välttää, sillä se lisää veden haihtumista, pesuaineiden höyrystymistä ja energian kulutusta. Mekaaninen liike tarkoittaa laivoilla lähinnä pestävän pinnan hankaamista harjoilla ja pesua painepesureilla. Ensin pinnat kastellaan painepesurin avulla vedellä, jonka jälkeen levitetään pesurilla pesuaine. Sitten aine levitetään harjoilla ja epäpuhtaudet hangataan pois, jonka jälkeen pinnat huuhdellaan puhtaalla ja makealla vedellä. (Teränen 2008; Tikkurila)

Kun suurimmat epäpuhtaudet, suolat ja rasvat on saatu poistettua maalattavalta pinnalta, puhdistetaan pinta vielä mekaanisesti. Parhaan tuloksen saavuttamiseksi käytetään suihkupuhdistusta, mutta laivalla sen käyttö rajoittuu yleensä telakalle. Suihkupuhdistuksessa puhdistettavaan metallipintaan kohdistetaan raesuihku, joka pinnalle osuessaan sekä poistaa epäpuhtauksia, että karhentaa maalattavaa pintaa. Laivan liikennöinnin aikana käytetään yleensä käsityökaluja, kuten hiomalaikkoja, neulakoneita, paineilmavasaroita, ruostehakkuja ja teräsharjoja. Hyvän lopputuloksen aikaansaaminen vaatii usean eri käsityökalun käyttöä. Aluksi käytetään iskeviä työkaluja, kuten neulakoneita ja paineilmavasaroita, joilla saadaan poistettua suuremmat ruosteet. Tämän jälkeen jatketaan puhdistus teräsharjoilla ja hiomakoneilla. (Teränen 2008; Tikkurila)

Epäpuhtaudet pyritään poistamaan huolellisesti ennen maalausta, sillä maalipinnan kestävyys ja maalin kulutus riippuvat siitä. Maalit tarttuvat paremmin karhennettuun pintaan, kuin täysin sileään metalliin. Tämä selittyy sillä, että karhennetussa pinnassa maalilla on enemmän tarttumapinta-alaa. Metallin pinta ei myöskään saa olla liian koloinen, koska silloin maalia kuluu tarpeettoman paljon. Tärkeää on, että metallin pinnan peittää joka kohdasta tasainen maalikerros. (Teränen 2008)

### Metallin pinta puhdistettuna kolmella tavalla



Kuva 5. Suurennos metallin pinnasta puhdistettuna kolmella eri tavalla.

## 10 UUSI MAALIKERROS

Onnistuneen metallipinnan esikäsittelyn lisäksi oleellisesti uuden maalipinnan onnistumiseen vaikuttavat oikeat maalausolosuhteet ja maalien oikeat säilytysolosuhteet. Maalausolosuhteiden on oltava suotuisat sekä maalin levittämisen, että kuivumisen aikana. Maalaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat maalattavan kappaleen ja sitä ympäröivän ilman lämpötila, ilman kosteus, ilmanvaihto, ilmassa olevat epäpuhtaudet ja maalattavan pinnan kosteus. Kaikki nämä vaikuttavat vielä maalauksen jälkeenkin maalipinnan kuivumiseen ja laatuun.

### 10.1 Ilman kosteuden vaikutukset

Ilman suhteellisen kosteuden vaikutus maalin ominaisuuksiin vaihtelee käytettävän maalityypin mukaan. Suhteellinen kosteus ilmoittaa, montako prosenttia ilma sisältää vesihöyryä siitä määrästä, jonka ilma kykenisi kyseisessä lämpötilassa sitomaan. Vesihöyry alkaa tiivistyä vedeksi, kun ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Vesihöyryn tiivistymiseen vedeksi vaikuttaa siis ympäristön lämpötila. Tästä johtuu esimerkiksi kaste laivan kannella aamuisin, kun ilman lämpötila on korkeampi kuin laivan. Kun pinnoilla on kastetta, ei maalausta voi suorittaa. Maalattaessa liuotinhöyryillä maalilla suhteellinen kosteus ei saisi ylittää 80 %:ia. Jos ilmankosteus on yli 80 %:ia, voi se aiheuttaa useita ongelmia. Ilman kosteus reagoi maalin kanssa, ja estää näin sen kunnollisen kovettumisen. Liiallinen kosteus myös voi muuttaa maalin väriä, kiiltoa ja sävyä. Liiallinen kosteus tiivistyessään maalattavalle pinnalle estää myös maalin tarttumisen. (Teränen 2008; Tikkurila; Hempel; Rtv)

Hyvä maalaustulos saavutetaan suhteellisen kosteuden ollessa vähemmän kuin 70 %. Liian suuri kosteus hidastaa maalin kuivumista ja tekee siitä enemmän valuvaa. Liian alhainen kosteus taas voi aiheuttaa häiriöitä maalin pintaan. Kosteus tiivistyy nopeammin karkeille ja epäpuhtaille pinnoille, kuin puhdistetuille. Maalaus olisi paras tehdä heti puhdistuksen jälkeen, koska tällöin kosteus ei ehdi tiivistyä pinnalle ja pinta on myös mahdollisimman puhdas. (Teränen 2008; Tikkurila; Hempel; Rtv)

Ilmassa oleva vesihöyry alkaa tiivistyä sumuksi, kun ilma saavuttaa kastepisteensä. Kastepisteessä ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Ilman saavuttaessa kastepisteen, alkaa maalattavalle pinnalle tiivistyä vettä. Tämä vesikalvo voi olla niin ohut, että sitä on vaikeaa silmin havaita. Pinnalle voi tiivistyä kosteutta alhaisessakin suhteellisessa kosteudessa, jos ympäröivän ilman lämpötila on korkeampi kuin maalattavan pinnan. Esimerkiksi kylmän yön jälkeen laiva, joka on suuri metallikappale, lämpeenee paljon hitaammin kuin ympäröivä ilma. Myös laivan runko vedenpinnan alapuolelta pysyy pitkään saman lämpöisenä kuin merivesi, kun laiva nostetaan kuivatelakalle. On tärkeää, että maalattavan metallipinnan lämpötila on riittävästi kastepisteen yläpuolella. Riittäväksi lämpötilaksi katsotaan, kun ero kastepisteen lämpötilaan on vähintään kolme astetta. Ilman lämpötilan ollessa nollan alapuolella on katsottava, ettei maalattavalla pinnalla ole jäätä. (Teränen 2008; Tikkurila; Hempel; Rtv)

Sääolosuhteiden muutos voi pilata maalauksen nopeasti. Tuuli on ongelma laivoissa, koska se aiheuttaa helposti maaliroiskeita ja maalin valumista. Sade pilaa maalauksen nopeasti osuessaan maalattavaan tuotteeseen. Sade myös nostaa ilman kosteuden niin korkeaksi, että se voi pilata maalauksen, vaikka sade ei olisikaan suorassa kontaktissa maalattavaan pintaan. Maalaus on aina syytä keskeyttää sateella, koska jos pintaan pääsee kosteutta, niin ei maali tartu siihen ja lopulta koko maalipinta on poistettava. Maalipinnan poisto lisää tuntuvasti kustannuksia. (Teränen 2008)

## 10.2 Lämpötilan vaikutukset

Mitä korkeampi lämpötila on, sitä nopeampaa maalin kuivuminen on. Etenkin kemiallisesti kuivuvat maalit kuivuvat huomattavasti nopeammin lämpötilan noustessa. Lämpötila vaikuttaa oleellisesti myös maalin kalvonmuodostukseen. Maalien liian alhainen lämpötila vaikuttaa haitallisesti maalin viskositeettiin, maalattavuuteen, kovettumiseen, maalikalvon kestävyYTEEN ja kuivumiseen. Liian korkeakaan lämpötila ei ole suositeltava, koska silloin maalin liuottimien haihtuminen on liian nopeaa. Tällöin maalipinta kuivuu huokoiseksi. Maalausta on vältettävä, kun maalattavan pinnan lämpötila on yli + 50 °C. (Rtv)

Maalin viskositeetti nousee, eli maalista tulee vähemmän juoksevaa, kun lämpötila laskee. Tällöin maalia on ohennettava ja erityisesti vesiohenteisten maalien kuivumisnopeus hidastuu. Vesiohenteiset maalit vaativat usein mielellään yli + 15 °C:n lämpötilan kuivumiseen, jotta kalvonmuodostus tapahtuisi kunnolla. (Tikkurila)

Joitakin fysikaalisesti kuivuvista maaleista, esimerkiksi vinyylimaaaleja, voidaan käyttää jopa pienessä pakkasessa. Näiden maalien kuivuminen perustuu liuottimien haihtumiseen. Maaleja on kuitenkin säilytettävä lämpimissä sisätiloissa, jolloin ne ovat oikeassa viskositeetissa ja levittyvät näin oikein. (Tikkurila)

### 10.3 Maalien säilytys

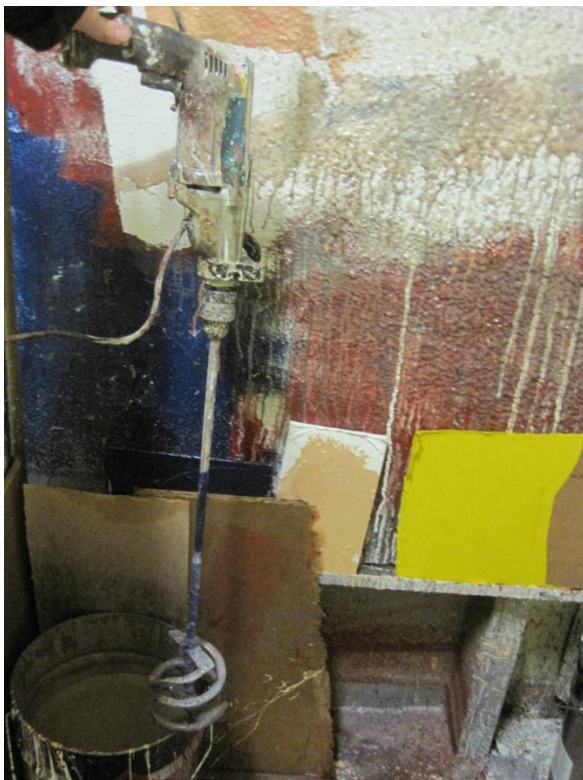
Ennen maalin käyttöönottoa, on varmistettava, että maali on yhä tuoretta. Maalipurkin kyljessä ilmoitetaan maalin varastointi-ikä. Paras säilytyspaikka maaleille on kuiva ja viileä maalivarasto. Varaston lämpötila ei saa kuitenkaan laskea pakkasen puolelle, koska silloin vesiohenteiset maalit jäätyvät. Jos taas varaston lämpötila on liian korkea, niin se aiheuttaa maalin nahoittumista. Liiallinen varastotilan kosteus pilaa helposti maalien kovetteet, joka voi johtaa maalin viskositeetin kasvamiseen tai värinmuutokseen.



Kuva 6. Maalivarasto.

## 10.4 Maalien sekoitus

Maalausta ennen maali on sekoitettava kunnolla. Sekoitukseen käytetään, joko sekoitustikkua tai mekaanisesti pyöritettävää sekoitinta. Jos kyseessä on kaksikomponenttimaali, niin maalin kovete ja muoviosa sekoitetaan ensin erikseen. Tämän jälkeen muoviosaan lisätään tarvittava määrä kovetetta. On tärkeää, että kovetetta lisätään oikeassa sekoitussuhteessa, koska väärä sekoitussuhde heikentää maalin ominaisuuksia. Kovete ja muoviosa sekoitetaan vielä yhdessä mielellään mekaanisella sekoittimella. Kaksikomponenttisilla maaleilla on ilmoitettu niin sanottu ”pot life”, joka tarkoittaa aikaa, jolloin maalia voi vielä käyttää sen jälkeen, kun kovete ja muoviosa on yhdistetty. Laivoilla käytettävissä korroosionestomaaleissa käytetään yleensä niin kutsuttua kaksoispurkkia, joissa kovete kaadetaan kokonaan muoviosaan ja näin sekoitussuhde on oikea. Korroosionestomaaleissa viskositeetilla ei ole merkitystä, ellei maalauksella ole korkeita ulkonäkövaatimuksia. Kun maalin viskositeettia halutaan alentaa, sekoitetaan maalin sekaan ohennetta. (Tikkurila)



Kuva 7. Mekaaninen maalinsekoitin on paras tapa sekoittaa maali.

## 11 MERENALAISTEN OSIEN MAALAUUS

Alusten pohjan ja muiden merenalaistenosien maalaus on tärkeää, sillä maali suojaa pohjaa ruostumiselta ja kulumiselta, sekä estää kasvuston tarttumista pohjaan. Pohjan maalikerros koostuu yleensä kahdesta tai kolmesta kerroksesta korroosionestomaalia ja kahdesta kerroksesta pintamaalia. Merenalaiset osat maalataan myös tarvittaessa välimaalilla. Välimaalauksella tarvitaan joko riittävän maalikalvon paksuuden saavuttamiseksi tai tartuntamaalina kahden keskenään sopimattoman maalin välissä. Kasvuston tarttumisen estävää myrkkymaalia kutsutaan nimellä antifouling. Myrkkymaali maalataan aina pintaan. Antifouling maalauksen tarkoitus on estää elävien organismien tarttuminen alukseen. (Teränen 2008; Rtv)

Antifouling-maalit ovat yksikomponenttisiä maaleja ja ne sisältävät pigmenttejä ja sideaineita, jotka liukenevat vähitellen ympäröivään veteen. Nämä pigmentit ja sideaineet ovat nykyään kupariyhdisteitä, ennen käytettiin myös tinayhdisteitä, jotka ovat nykyään kiellettyjä. Antifouling maalauksen suoja-aika riippuu maalikerrosten paksuudesta. Myrkkymaalit eivät täysin pysty estämään kasvuston kasvua, vaan enemmänkin hidastavat sitä. (Teränen 2008; Rtv)

Aluksen pohjaan ja sen kylkiin tarttuu erilaisia leviä, simpukoita ja näkkejä, jotka hidastavat aluksen kulkua. Nykyaikana laivoilla on tiukat aikataulut ja näin aluksen koneen tehoja on lisättävä, jotta pysytään aikataulussa. Tämä tehojen lisäys aiheuttaa tuntuvia kuluja aluksen bunkkerissa, koska polttoainetta kuluu huomattavasti enemmän kuin aluksella, jonka pohjassa ei kasva kasvustoa. Jo noin 10 µm kasvustosta johtuva lisäys aluksen pohjaan aiheuttaa noin 1 % nousun bunkkerin kulutuksessa. Jos runko on erittäin pahasti kasvuston ja kotiloiden peitossa, niin vetovastus voi kasvaa jopa 40 %. (Teränen 2008; Rtv)

Mitä enemmän alus seisoo paikallaan, sitä helpommin kasvusto kiinnittyy aluksen pohjaan ja kylkiin. Kasvustoa kasvaa eniten lämpimissä ja suolaisissa vesissä. Makeissa vesissä esiintyy vain levää, joka tarvitsee kasvaakseen myös valoa. Kylmissä vesissä, kuten esimerkiksi Itämerellä kasvustoa tulee vain kesän kuukausina veden

ollessa riittävän lämmintä. Tropiikin lämpimissä vesissä kasvusto kasvaa vuoden ympäri. (Teränen 2008)

### 11.1 Pohjan kunnon vaikutus bunkkerin kulutukseen

Pienetkin karheet aluksen pohjassa aiheuttavat huomattavaa rahan menoa bunkkerin kulumisen tai myöhästymisten johdosta. Tästä johtuen ainakin osa varustamoista käyttää sukeltajia pohjan puhdistuksessa. Sukeltajat tekevät töitä aluksen seistessä satamassa. Työ on hidasta ja siihen voi mennä useampi yö. Puhdistus toistetaan noin kahden kuukauden välein ja se tuo huomattavia säästöjä varustamolle.



## 12 TYÖTURVALLISUUS

Kaikessa maalauksessa on huolehdittava tarkkaan henkilökohtaisesta suojauksesta, sillä maalit koostuvat useista terveydelle haitallisista aineista. Maalatessa käytettäviä henkilökohtaisia suojavälineitä ovat hengityssuojaimet, suojalasit, suojahanskat, haalarit, ja turvakengät, sekä joissakin tapauksissa myös kuulosuojaimet. Näiden lisäksi on myös huolehdittava siitä, että työpisteessä on riittävä ilmanvaihto. (Teränen 2008; Hempel)

Hengityssuojaimet suojaavat hengityselimiä vaarallisilta ilman epäpuhtauksilta, sekä maali- ja ruostepölyltä. Hengityssuojaimia on kahdenlaisia, joko suodattavia tai eristäviä. Suodattavia suojaimia käytetään, kun ilmassa on riittävästi happea, eikä lainkaan happea syrjäyttäviä kaasuja. Eristävät hengityssuojaimet taas puhaltavat puhdasta ilmaa hengitettäväksi. Eristäviä hengityssuojaimia käytetään, kun maalataan suljetuissa tiloissa, kuten laivojen tankeissa. (Teränen 2008; Hempel)

Suojakäsineitä on suositeltavaa käyttää aina pitkittyneessä ja useasti toistuvassa altistuksessa maaleille. Suojakäsineiden asianmukaisella käytöllä ennalta ehkäistään tehokkaasti käsien ärsyyntymistä ja mahdollista ihottumaa. (Teränen 2008; Hempel)

Suojalasit estävät maaliroiskeita joutumasta silmiin. Erityisesti ulkona maalattaessa maaliroiskeita tulee hyvin helposti. Monet maalatessa käytettävät kemikaalit voivat aiheuttaa vakavia silmävaurioita. Suojalasit suojaavat silmiä myös maali- ja ruostepölyltä. (Teränen 2008; Hempel)

### 12.1 Mahdolliset onnettomuudet ja ensiapu

Maalatessa varsinkin kenttäolosuhteissa sattuu joskus onnettomuuksia ja on tärkeää tietää oikea ensiapu tilanteen mukaan. Ihminen voi hengittää haitallisia kemikaaleja, saada roiskeita silmiin tai iholle ja jopa niellä maalia. Onnettomuudet johtuvat usein henkilökohtaisten suojaimien käyttämättömyydestä tai huolimattomasta asenteesta.

Erityisesti suljetuissa tiloissa on mahdollista altistua liian suurille liuotin pitoisuuksille. Liuotehöyryjen hengittäminen voi ärsyttää hengitysteitä ja limakalvoja. Lisäksi se aiheuttaa huonovointisuutta ja päänsärkyä. Jos altistuminen on ollut vain vähäistä, niin riittää ensiavuksi siirtyminen raittiiseen ilmaan ja lepääminen. Pitkäaikainen altistuminen vaikuttaa huumaavasti ja voi aiheuttaa hermostollisia oireita kuten väsymystä. Pitkäaikainen altistuminen epoksimaaleille voi aiheuttaa jopa astmaa. Jos altistuminen on ollut niin pitkäaikaista, että hengitys on alkanut vaikeutumaan, niin ensi apuna annettava hapetta tai jopa tekohengitystä. Aina uhri on myös toimitettava lääkärille ja aina on hyvä konsultoida lääkäriä. (Teränen 2008; Hempel)

Jos silmiin tulee maaliroskeita, on silmiä huuhdeltava runsaalla vedellä välittömästi mielellään noin 15 minuutin ajan. Maaliroskeet ärsyttävät silmiä ja aiheuttavat voimakasta kirvelyä. Jos taas maalia vahingossa niellään pieniäkin määriä, niin välittömänä ensiapuna on veden juonti. Missään nimessä ei saa oksennuttaa uhria. Tärkeintä on toimia rauhallisesti ja käyttää kaikkia suojavälineitä oikein. Onnettomuuden sattuessa otetaan mielellään lääkärin konsultaatio ja toimitaan ohjeiden mukaisesti. (Teränen 2008; Hempel)

## 13 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erilaisten maalien ja maalaustekniikoiden hyviä ja huonoja puoli haasteellisissa meriolosuhteissa. Ongelmana oli löytää paras ratkaisu laivan eri pintojen suojaukseen ja korroosionestoon olosuhteissa, jotka vaihtelevat huomattavasti jopa saman päivän aikana.

Mielestäni onnistuin työssä kertomaan kattavasti ja selkeästi perusasiat. Kävin läpi erilaisia syitä korroosioon laivoilla, joita ovat mm. kloridit ja kosteus, jotka aiheuttavat kemiallista kulumista. Mekaanista kulumista aiheutuu mm. kavitaatioilmiöstä aluksen potkurista, mahdollisista ajovirheistä ja talvisin jäistä.

Tärkein vaihe onnistuneeseen ja kestäväan maalipintaan on kunnollinen esikäsittely. Esikäsittelyillä tarkoitetaan sekä kemiallisia, että mekaanisia esikäsittelyjä. Kemiallisiin esikäsittelyihin kuuluvat käsiteltävän pinnan puhdistus vedellä ja erilaisilla pesuliuksilla. Mekaanisiin esikäsittelyihin kuuluvat vanhan maalikerroksen, ruosteen ja muun kiinteän epäpuhtauden poistaminen. Tähän käytetään mm. paineilmalla toimivaa vasarakonetta, neulakonetta ja teräsharjalla tai hiomakoneella hiomista. Mekaanisia työkaluja käytettäessä on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että metallin pintaa ei lyödä liian karheaksi tai hiota liian sileäksi, koska tällöin maalipinta ei tule kestäämään. Liian tasaiseksi hiottuun pintaan maali ei tartu kunnolla, vaan ihanteellinen pinta on tasaisen karhea. Hyvän karhean ja puhtaan pinnan aikaansaaminen vaatii yleensä useampia kemiallisia ja mekaanisia esikäsittelykertoja ja -tekniikoita.

Jatkotutkimusehdotuksena voisi olla tutkimus, joka keskittyisi vain aluksen merenpinnan alaisten osien pinnoitukseen ja käsittelyyn, sekä niiden vaikutukseen aluksen polttoaineen kulutuksessa. Tutkimuksen voisi myös toteuttaa kyselynä eri varustamoille kunkin varustamon käytännöistä maalausten suhteen niin alusten liikennöidessä, kuin telakkaolosuhteissakin.

## LÄHTEET

Anttila, Karppinen, Leskelä, Mölsä, & Pohjakallio. 2010. Tekniikan kemia. 10.-12. p. Helsinki: Edita prima oy

Tunturi & Tunturi. 1999. Metallien pinnoitteet ja esikäsittelyt. 3. p. Tampere: Tammer-paino oy

Jokinen, Kuusela & Nikkari. 2012. Pinnalla 2 metalli tuotteiden maalaus. 2. uud.p. Tampere: Juvenesprint

Teränen Jarmo. Korroosionesto ja huoltomaalaus. 2008. Viitattu 4.2.2015.

Hempel. Veneenhoito-opas. Viitattu 23.2.2015.  
[www.hempel.fi/~media/Global/Files/.../Hempel\\_PaintManual\\_FI.pdf](http://www.hempel.fi/~media/Global/Files/.../Hempel_PaintManual_FI.pdf)

Maalaus ja lakkaus. Viitattu 23.2.2015.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/alkutuotteiden\\_jalostus/pinta\\_kasittely/maalaus\\_ja\\_lakkaus.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/alkutuotteiden_jalostus/pinta_kasittely/maalaus_ja_lakkaus.html)

Rtv. Laivamaalit. Viitattu 23.2.2015. [http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/inter\\_info/maalaus](http://www.rtv.fi/kone-ja-pintakaesittelyosasto/international-laivamaalit/inter_info/maalaus)

Venemaali. Maalin levitysmenetelmät ja –työkalut. Viitattu 23.2.2015.  
<http://venemaali.fi/oikeat-menetelmat/maalin-levitys-menetelmat-ja-tyokalut/>

Tikkurila. Metallipintojen teollinen maalaus. Viitattu 4.2.2015.  
[http://www.tikkurila.fi/files/5017/Metallipintojen\\_teollinen\\_maalaus\\_2009.pdf](http://www.tikkurila.fi/files/5017/Metallipintojen_teollinen_maalaus_2009.pdf)

Wikipedia. Kavitaatio pumpuissa ja propelleissa. Viitattu 23.2.2015.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Cavitation#Pumps\\_and\\_propellers](http://en.wikipedia.org/wiki/Cavitation#Pumps_and_propellers)

OpenCourseWare. Kavitaatio laivan potkureissa. Viitattu 23.2.2015.  
<http://ocw.tudelft.nl/courses/marine-technology/cavitation-on-ship-propellers/course-home/>

Hienonen & Lahtinen. Korroosio ja ilmastolliset vaikutukset elektroniikassa. Viitattu 23.2.2015. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2007/P623.pdf>

Korroosionesto ja esiintymismuodot. Viitattu 23.2.2015.  
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_f2\\_korroosionesto\\_esiintymismuodot.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_f2_korroosionesto_esiintymismuodot.html)

Wikipedia. Kloridit. Viitattu 23.2.2015. <http://en.wikipedia.org/wiki/Chloride>

Teräsrakenneyhdistys. Korroosionestomaalit. Viitattu 23.2.2015.  
[www.terasrakenneyhdistys.fi/.../7367b209568986e421c08850b4045f0f](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/.../7367b209568986e421c08850b4045f0f)

Laitinen. 2012. Korroosio. Viitattu 23.2.2015.

[http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/t\\_\\_k\\_ja\\_jaostot/pintakasittelyjaosto/korroosio\\_yleensa/](http://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/t__k_ja_jaostot/pintakasittelyjaosto/korroosio_yleensa/)

## KUVALÄHTEET

Kuva 1. Metallin ruostuminen. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 2. Mekaanista kulumaa aluksen perässä. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 3. Kemiallista kulumaa laivan keulapakalla. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 4. Huono esikäsittely. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 5. Metallin pinta puhdistettuna kolmella tavalla. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 6. Maalivarasto. Mikko Pihlasto. 2014.

Kuva 7. Mekaaninen maalinsekoitin. Mikko Pihlasto. 2014.